

SISTEM KOMUNIKASI PERINGATAN DINI BAHAYA BANJIR

COMMUNICATION SYSTEM OF EARLY WARNING FLOOD

Trisa Putri Siregar¹, Sony Sumaryo², Wahmisari Priharti³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹trisaaputris@gmail.com, ²sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id, ³wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Banjir di beberapa daerah baru-baru ini telah menimbulkan kerugian yang cukup signifikan. Sementara sistem peringatan banjir yang sudah ada hanya memberitahukan bahwa banjir akan datang tanpa adanya prediksi kapan musibah tersebut akan terjadi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan memperhatikan variabel ketinggian air dan variabel debit air yang dihitung menggunakan sensor ketinggian air untuk memperingatkan bahaya banjir. Informasi peringatan musibah banjir diberikan melalui layanan sms dan bunyi *buzzer*. Perancangan tersebut akhirnya menghasilkan suatu sistem peringatan dini bahaya bencana banjir.

Hasil perancangan sistem yang diimplementasikan dalam bentuk contoh asli sistem peringatan dini telah bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan yang direncanakan. Peringatan bencana diberikan dalam bentuk pesan singkat peringatan bencana banjir kepada masyarakat di daerah rawan banjir dan buzzer sebagai media peringatan lain yang berfungsi memberikan peringatan langsung jika pesan peringatan bencana tidak terkirim ke nomor tujuan.

Kata Kunci : Peringatan banjir, Bahaya dini banjir, sms gateway banjir

Abstract

Now flood in some areas have caused significant losses. The existing flood warning system only inform that flood will come without predictions when the disaster will come. This research uses a quantitative method to calculate the variable water level using a water level sensor to warn the danger of flood. This early warning system give information via message service and buzzer. Final this design resulted a system of early warning system.

The system design implemented in to a examples of early warning system and can work well according the planned design. This early warning system give information to people via short message of early warning system in vulnerable areas and buzzer the other warning media that serve to provide if direct message not sent to destination number.

Keywords : Warning Flood, Early Warning System, Message Gateway

1. Pendahuluan

Musibah banjir merupakan masalah umum yang sering terjadi disemua daerah di Indonesia. Pada umumnya banjir terjadi tidak mengenal waktu, sehingga masyarakat tidak dapat mengetahui kapan akan terjadi banjir karena datangnya secara tiba-tiba. Karena alasan tersebut maka perlu dirancang alat pendeteksi banjir.

Salah satu solusi yang mampu membantu masyarakat dalam hal tersebut adalah sistem peringatan dini bencana banjir yang bertujuan memberikan informasi dan peringatan dini mengenai datangnya bencana saat ketinggian air di luar batas normal secara *real time*.

Wireless sensor network (WSN) adalah metode yang dipilih pada perancangan tugas akhir ini. Untuk mengekskansi jarak dan area yang diamati oleh metode WSN, maka digunakan mode transmisi data multi-hop. Hal ini berarti setiap sensor node dalam metode WSN ini berfungsi sebagai pengirim dan penerima informasi. Dalam perancangannya, sensor node akan mengirimkan informasi ke node koordinator, node koordinator akan mengirimkan kembali informasi yang didapat menuju node *gateway*. Data yang telah diterima pada node *gateway* selanjutnya akan dikirimkan ke warga melalui modul SIM GSM.

2. Dasar Teori

2.1 Deskripsi Cara Kerja

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan di atas, konsep solusi yang ditawarkan adalah sebagai berikut:

Pada Tugas Akhir ini, akan dirancang sebuah *prototype* sistem peringatan dini Bahaya Banjir yang akan otomatis mengirimkan pesan ke warga sekitar jika debit air pada sungai disekitar mengalami peningkatan, yang dapat membantu warga sekitar untukantisipasi bila terjadi banjir.

Cara kerja sistem ini yaitu, alat telah terpasang sensor waterflow dan ultrasonik yang merupakan *input*. Sistem ini terdapat pada 3 titik yang berjarak ± 1 meter, yang akan dihubungkan dengan *wireless*. Setelah itu diproses dengan menggunakan metode *fuzzy logic* yang akan menghasilkan 3 parameter, yaitu aman, siaga dan bahaya. Setiap titik pada sistem ini akan mendeteksi adanya perubahan debit air. Kemudian data-data tersebut dibaca dan diolah sehingga dari ketiga parameter tersebut sistem dapat menentukan kondisi sungai apakah aman, siaga atau bahaya dan akan mengirimkan informasi berupa pesan singkat ke warga yang merupakan *output* dari sistem. Proses pengiriman pesan singkat menggunakan modul GSM SIM800L. Jika layanan pesan singkat dari modul tidak berfungsi maka alternatif lain yang ada pada sistem ini adalah *buzzer*. *Buzzer* akan menyala untuk menandakan peringatan kepada warga.

2.2 Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network atau biasa disingkat dengan *WSN* merupakan metode komunikasi jaringan nirkabel yang menggunakan beberapa sensor node yang ditempatkan pada titik-titik strategis di wilayah pengamatan dan digunakan untuk melakukan pengamatan terhadap suatu objek atau wilayah sekitar [3].

Wireless Sensor Network selama ini digunakan untuk melakukan pengawasan terhadap wilayah tertentu. Dalam tugas akhir ini *WSN* digunakan untuk melakukan monitoring wilayah perdesaan rawan banjir untuk mencegah banjir yang akan terjadi. Dalam perancangannya *WSN* akan disebarkan pada titik-titik strategis wilayah yang berpotensi terjadinya banjir. Ketika sensor node menerima informasi mengenai kondisi wilayah yang diamati, informasi tersebut akan dikirimkan menuju pusat *database* pada node *gateway* yang selanjutnya informasi tersebut akan diterima oleh warga melalui sms dan jika informasi didapatkan menunjukkan bahwa berpotensi terjadinya banjir, maka warga dapat segera melakukan tindakan sebelum adanya bahaya banjir.

Metode *Wireless Sensor Network* mempunyai fungsi sebagai pengawasan dan fungsi kontrol. Fungsi pengawasan pada *Wireless Sensor Network* ini digunakan untuk mengamati atau mengawasi wilayah tertentu yang dimana data yang diamati tersebut akan dikirimkan menuju sebuah database server dan data yang telah terkumpul itu kemudian bisa ditampilkan dalam bentuk angka maupun grafik melalui komputer atau aplikasi user monitoring yang digunakan oleh pengguna. Fungsi kontrol pada *Wireless Sensor Network* umumnya digunakan pada *Wireless Sensor Network* dengan skala kecil dan memiliki fungsi kontrol terbatas. Fungsi kontrol digunakan jika pin output pada mikrokontroler dihubungkan langsung dengan aktuator pada plant yang digunakan [3].

2.3 Sensor Node [3]

Sensor node merupakan bagian yang sangat vital dalam penggunaan metode *Wireless Sensor Network* ini. Sensor node merupakan sebuah perangkat kecil yang didalamnya terdapat beberapa komponen yang digunakan. Komponen-komponen yang terdapat pada sensor node diantaranya mikrokontroler sebagai perangkat untuk melakukan proses pengolahan data. Sensor sebagai komponen untuk mengambil data yang diamati, perangkat komunikasi sebagai pengirim dan penerima data yang telah didapatkan dan catu daya, biasanya catu daya digunakan adalah baterai seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.1 untuk meningkatkan performa dari sensor node bisa juga dengan menambahkan perangkat pengolahan energi dan perangkat komunikasi cadangan [3].

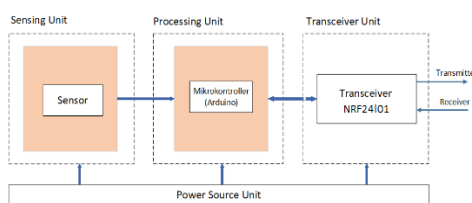
Pada tugas akhir ini sebuah sensor node yang dirancang terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut:

1. Pada perangkat komunikasi, berfungsi untuk menerima atau mengirim data.
2. Komponen sensor, berfungsi untuk melakukan pengambilan data dari wilayah yang diamati.
3. Mikrokontroler, berfungsi untuk memproses data yang diambil dari sensor-sensor.
4. Sumber catu daya, berfungsi untuk memberikan sumber energi yang diperlukan pada seluruh komponen yang digunakan.

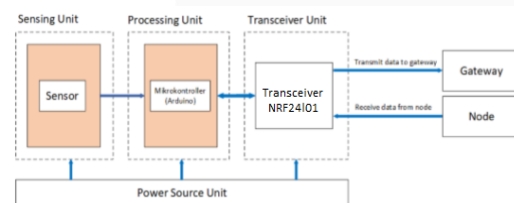
3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Blok Sistem

Untuk merancang sistem monitoring bencana banjir ini terbagi menjadi 3 bagian diantaranya sensor node dan node koordinator yang terhubung langsung dengan sebuah node *gateway* yang memiliki modul gsm yang akan mengirimkan pesan singkat ke warga.

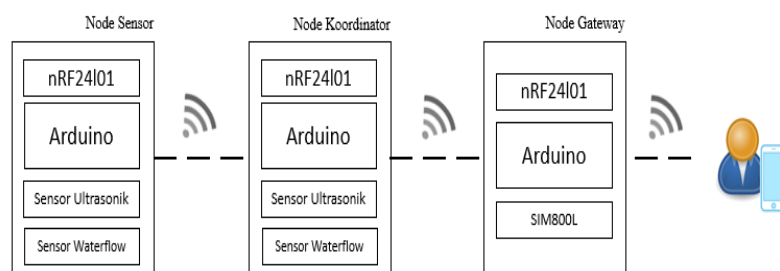


Gambar 3.1 Diagram Sensor Node



Gambar 3.2 Diagram Node Koordinator

Berikut adalah diagram blok sistem secara keseluruhan yang akan dibuat pada tugas akhir ini:



Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Penjelasan dari blok diagram diatas adalah sebagai berikut:

1. Sensor Node

Sensor node menggunakan dua buah sensor yaitu sensor *waterflow* dan sensor ultrasonik. Node sensor ini berfungsi untuk menghubungkan antara sensor *waterflow* yang menerima data debit/volume air yang mengalir yang dimonitoring, sensor ultrasonik yang menerima data ketinggian pada air dari lingkungan yang dimonitoring dan mikrokontroler (Arduino) yang berfungsi untuk melakukan akuisisi data yang didapat dari sensor dan mengolahnya menjadi sebuah informasi mengenai kondisi wilayah sungai yang akan dikirim menuju node koordinator menggunakan Modul Komunikasi NRF24I01.

2. Node Koordinator

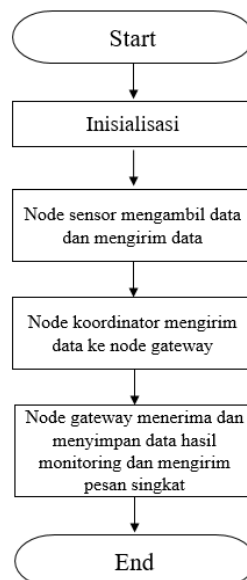
Node koordinator merupakan perangkat yang didalamnya terdapat komponen seperti yang ada pada sensor node. Fungsi dari koordinator adalah untuk menyimpan data yang dikirim dari sensor node dan mengirim kembali data tersebut menuju node *gateway*.

3. Node *gateway*

Node *gateway* digunakan sebagai media untuk menyimpan keseluruhan informasi yang didapat dari node koordinator. Node *gateway* ini digunakan sebagai pengirim pesan singkat mengenai kondisi wilayah yang dimonitoring, sehingga bila kondisi wilayah yang dimonitoring berpotensi banjir, maka warga dapat mengantisipasi bencana banjir.

3.2 FlowChart Sistem

Berikut adalah *flowchart* sistem monitoring bencana banjir secara keseluruhan:



Gambar 3. 4 Flowchart sistem

Flowchart pada Gambar 3.4 di atas menjelaskan pada sensor node akan mengambil data dari sensor berupa ketinggian dan debit air, lalu sensor node akan mengirimkan data tersebut kepada node koordinator lalu node koordinator akan mengirim data tersebut ke node *gateway* untuk menentukan tindakan apa selanjutnya. Jika data tersebut mengandung potensi bahaya banjir maka alarm yang telah diprogram pada monitoring akan menyala, tapi jika data tidak berpotensi maka monitoring hanya akan mengirimkan nilai ketinggian dan debit air.

3.3 Arsitektur Perancangan Sistem

Sistem yang akan dirancang pada tugas akhir ini merupakan sistem yang dapat menjangkau dan mengekspansi luas wilayah monitoring sehingga alat yang dihasilkan dapat membantu masyarakat setempat untuk melakukan monitoring keadaan wilayah sungai secara jarak jauh dengan mendapatkan pesan singkat.

Sistem ini menggunakan metode *wireless sensor network* dimana dalam pengiriman data dari hasil pengamatan oleh node sensor akan dikirim secara *wireless* untuk meminimalisir penggunaan kabel sehingga lebih efisien dan hemat biaya dalam perancangan perangkat kerasnya. Untuk perancangan sistem ini, topologi yang digunakan ialah mode *multi-hop*.

3.4 Perancangan Perangkat Keras Sistem

3.4.1 Perancangan Perangkat Sensor

Pada tugas akhir ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendapatkan nilai dari ketinggian air dari lokasi perancangan dan pada tugas akhir ini juga menggunakan sensor *waterflow* untuk mendapatkan nilai dari debit/volume dari air dari lokasi perancangan.

3.4.2 Perancangan Perangkat Radio Komunikasi

Dalam pengerjaan tugas akhir ini perangkat teknologi komunikasi yang digunakan ialah nRF24I01. nRF24I01 membutuhkan catu daya sebesar 3.3V.

3.4.3 Perancangan Perangkat Mikrokontroler

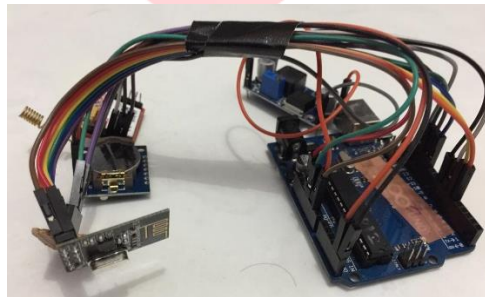
Mikrokontroler merupakan perangkat pengolahan data pada sensor node sebelum data ditransmisikan oleh perangkat radio komunikasi yang digunakan. Pada perancangan tugas akhir ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dan modul GSM yang dimana mikrokontroler ini sudah umum dipakai, mudah didapatkan dipasaran, dan dirasa cukup mampu untuk mengolah data pada sistem ini. Arduino uno akan digunakan sebagai pusat pengolahan data pada setiap node yang telah terpasang beberapa sensor yang terhubung dengan perangkat radio komunikasi dan modul GSM merupakan board mikrokontroler yang akan digunakan sebagai gateway pada sistem jaringan yang akan dirancang pada tugas akhir ini.

1) Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis chip Atmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input/output (atau biasa ditulis I/O, dimana 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.

2) Modul GSM SIM800l

Modul SIM800l ini mendukung jaringan GSM/GPRS, tersedia untuk transmisi jarak jauh data GPRS dan pesan layanan SMS. Ada 4 pin yang akan digunakan antara lain VCC untuk input tegangan, GND sebagai ground, RX sebagai pin receiver, TX sebagai pin transfer.



Gambar 3.1 Perangkat Keras Sistem

3.5 Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Pada perancangan Node yang akan dibuat pada sistem monitoring ini diperlukan program pada node. Untuk mengisi program pada setiap node ini menggunakan *software* Arduino IDE, pada pemograman setiap node ini menggunakan parsing data dikarenakan untuk membedakan dan menguraikan data pada satu paket masukan. Data masukan yang di parsing ialah data alamat node, data ketinggian air dan debit air.

Parsing data merupakan kegiatan yang digunakan untuk mengurai data yang telah diterima dari perangkat lain. Fungsi dari *parsing* data yaitu untuk pemilihan dan pengambilan data karena dengan metode *parsing* data pengiriman informasi cukup dengan satu line paket data yang didalamnya

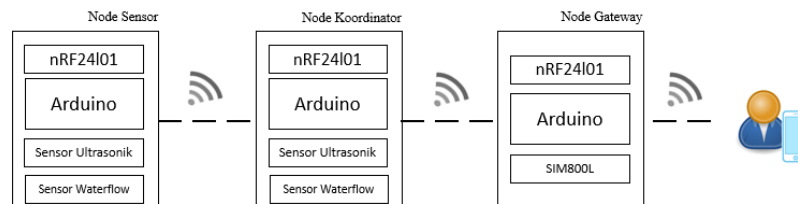
Berikut alamat yang diberikan pada tiap node seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.3 Pemberian Alamat

Node	Alamat
Node Sensor	01
Node Koordinator	02
Node Gateway	00

4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1 Skenario Pengujian Sistem



Gambar 4. 1 Skenario Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem ini, skenario pengujian dilakukan dengan melakukan transmisi data antar node. Terdapat 2 skenario pengujian yang akan dilaksanakan. Pengujian yang pertama transmisi data dilakukan dari node sensor – node koordinator. Pengujian yang kedua transmisi data dilakukan dari node koordinator – node gateway. Skenario pengujian dilakukan dengan kondisi sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan di 2 lokasi berbeda. Lokasi pengujian yang pertama, pengujian akan dilakukan di lahan kosong dengan kondisi cuaca hujan dan tidak hujan. Lokasi pengujian yang kedua, pengujian akan dilakukan pada Perumahan dengan kondisi cuaca hujan dan tidak hujan.
2. Jumlah *byte* yang dikirimkan pada pengujian ini adalah 10 byte, jumlah tersebut merupakan jumlah data dari sensor dan jumlah karakter yang digunakan untuk parsing data.
3. Interval jarak antara node pada pengujian ini adalah 20m, 40 m, 60 m, 80 m, 100 m dan 120 m, 140 m, 160 m, 180 m dan 200 m.
4. Transmisi data dilakukan sebanyak 30 kali dengan interval waktu pengiriman 10 detik.
5. Penggunaan modul RTC sebagai modul tambahan yang digunakan untuk mendapatkan parameter waktu saat melakukan transmisi data

4.2 Analisis Pengujian Sistem

Pada tahapan ini akan dijelaskan analisis dari hasil pengujian sistem. Analisis tersebut dilaksanakan untuk mengetahui maksimum jarak jangkauan dari perangkat radio komunikasi yang digunakan yaitu nRF24I01 untuk mengetahui parameter *Quality of Service (QOS)* sistem setelah dilakukan pengujian. Parameter *Quality of Service (QOS)* tersebut meliputi parameter rata-rata waktu *delay*, *throughput* dan *packet loss*.

4.2.1 Analisis Jarak Komunikasi Data

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jangkauan maksimum nRF24I01 yang digunakan saat melakukan pengujian transmisi data antara node yang dilaksanakan di Perumahan dan lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)*. Berikut merupakan hasil dari analisis pengujian jarak komunikasi data:

Jarak (m)	Jumlah Data Terkirim			
	Hujan		Tidak Hujan	
	Perumahan	Lahan kosong	Perumahan	Lahan kosong
20	30	29	30	30
40	30	28	30	30
60	28	25	29	28
80	29	26	28	27
100	26	22	26	23
120	26	20	23	20
140	23	13	19	15
160	19	9	16	15
180	8	0	7	14
200	0	0	0	0

Tabel 4.1 Jangkauan transmisi data node sensor – node koordinator

Jarak (m)	Jumlah Data Terkirim			
	Hujan		Tidak Hujan	
	Perumahan	Lahan kosong	Perumahan	Lahan kosong
20	30	30	30	30
40	29	30	30	29
60	30	28	29	27
80	26	25	26	26
100	23	23	25	25
120	17	23	23	22
140	9	11	13	17
160	6	0	11	11
180	0	0	0	0
200	0	0	0	0

Tabel 4.2 Jangkauan transmisi data node koordinator -node gateway

Pada transmisi data dari node sensor – node koordinator jangkauan transmisi terjauh di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan dan pada kondisi tidak hujan yaitu 180 meter. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)* dan cuaca hujan yaitu 160 meter, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 180 meter.

Pada saat transmisi data dari node koordinator – node gateway jarak komunikasi yang dihasilkan di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan dan pada kondisi tidak hujan yaitu 160 meter. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)* dan cuaca hujan yaitu 140 meter, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 160 meter.

4.2.2 Analisis delay

Analisis pengukuran *delay* dilakukan untuk mengetahui perbedaan waktu pengiriman dan waktu penerimaan data yang dinyatakan dengan waktu rata-rata *delay* ketika pengujian transmisi data.

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \quad (4.1)$$

Berikut merupakan analisis parameter *delay* dari hasil pengujian sistem:
Tabel 4.3 Rata-rata waktu delay node sensor – node koordinator

Jarak (m)	Rata-rata Delay (s)			
	Hujan		Tidak Hujan	
	Perumahan	Lahan Kosong	Perumahan	Lahan Kosong
20	0,143	0,144	0,136	0,106
40	0,156	0,157	0,163	0,123
60	0,185	0,168	0,189	0,161
80	0,196	0,138	0,207	0,166
100	0,215	0,172	0,215	0,178
120	0,223	0,333	0,239	0,175
140	0,213	0,192	0,289	0,193
160	0,226	0,2	0,306	0,153
180	0,212	-	0,242	0,2
200	-	-	-	-
Rata-rata	0,196	0,188	0,220	0,161

Pada saat transmisi data dari node sensor – node koordinator rata-rata waktu *delay* yang dihasilkan di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan yaitu 0,220 detik dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 0,196 detik. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)* dan cuaca hujan yaitu 0,188 detik, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 0,161 detik.

Pada saat transmisi data dari node koordinator – node gateway rata-rata waktu *delay* yang dihasilkan di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan yaitu 1,982 detik dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 1,798 detik. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)* dan cuaca hujan yaitu 1,716 detik, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 1,893 detik.

4.2.3 Analisis throughput

Analisis throughput dilakukan untuk mengukur sejumlah paket data yang dikirimkan dari pengirim menuju penerima pada suatu satuan waktu tertentu. Pada analisis throughput ini satuan yang digunakan ialah byte per detik (byte/s).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah Data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}}$$

(4.2)

Tabel 4.4 Throughput saat transmisi data node koordinator – node gateway

Jarak (m)	Throughput			
	Hujan		Tidak Hujan	
	Perumahan	Lahan Kosong	Perumahan	Lahan Kosong
20	0,563	0,591	0,495	0,498
40	0,556	0,548	0,033	0,5
60	0,535	0,52	0,485	0,575
80	0,5	0,548	0,506	0,617
100	0,499	0,535	0,571	0,691
120	0,481	0,506	0,684	0,711
140	0,445	0,562	1,369	1,293
160	0,428	0,418	11,538	-
180	11,2	-	-	-
200	-	-	-	-
Rata-rata	1,689	0,533	1,960	0,697

Pada saat transmisi data dari node sensor – node koordinator rata-rata waktu Throughput yang dihasilkan di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan yaitu 7,296 byte/s dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 7,122 byte/s. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)* dan cuaca hujan yaitu 9,292 byte/s, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 10,168 byte/s.

Pada saat transmisi data dari node koordinator – node gateway rata-rata waktu delay yang dihasilkan di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan yaitu 1,960 byte/s dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 1,689 byte/s. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)* dan cuaca hujan yaitu 0,697 byte/s, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 0,533 byte/s

4.2.4 Analisis packet loss ratio

Analisis packet loss ratio atau rasio kehilangan paket merupakan perbandingan antara jumlah paket data yang hilang terhadap jumlah paket data. Pada analisis packet loss ini satuan yang digunakan yaitu percent (%) yang mendefinisikan persentase paket data yang hilang ketika transmisi data dilakukan.

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Data yang dikirim} - \text{Data yang diterima}}{\text{Data yang dikirim}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Tabel 4.5 Packet loss ratio node sensor – node koordinator

Jarak (m)	Packet Loss			
	Hujan		Tidak Hujan	
	Perumahan	Lahan Kosong	Perumahan	Lahan Kosong
20	0	0,33	0	0
40	0	0,034	0	0
60	0,066	0,166	0,033	0,066
80	0,033	0,133	0,066	0,1
100	0,133	0,266	0,133	0,233
120	0,133	0,333	0,233	0,333
140	0,233	1,566	0,366	0,5
160	0,366	0,7	0,466	0,5
180	0,733	-	0,766	0,766
200	-	-	-	-
Rata-rata	0,19	0,441	0,23	0,28

Tabel 4.8 Packet loss ratio node koordinator – node gateway

Jarak (m)	Packet Loss			
	Hujan		Tidak Hujan	
	Perumahan	Lahan Kosong	Perumahan	Lahan Kosong
20	0	0	0	0
40	0,033	0	0	0,333
60	0	0,066	0,033	0,1
80	0,133	0,166	0,133	0,133
100	0,233	0,233	0,166	0,166
120	0,433	0,233	0,233	0,266
140	0,7	0,633	0,566	0,433
160	0,1	0,1	0,633	0,633
180	-	-	0,066	-
200	-	-	-	-
Rata-rata	0,204	0,18	0,22	0,26

Pada saat transmisi data dari node sensor – node koordinator rata-rata waktu Pocket Loss yang dihasilkan di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan yaitu 0,188 % dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 0,229 %. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi line of sight (LOS) dan cuaca hujan yaitu 0,441 %, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 0,277 %

Pada saat transmisi data dari node koordinator – node gateway rata-rata waktu Pocket Loss yang dihasilkan di lokasi perumahan dengan kondisi cuaca hujan yaitu 0,204 % dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 0,203 %. Dan pada lokasi lahan kosong dengan kondisi line of sight (LOS) dan cuaca hujan yaitu 0,178 %, dan pada kondisi cuaca tidak hujan yaitu 0,258 %.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisis di bab sebelumnya yaitu pada pengujian di lokasi Perumahan.

Saat transmisi data dari node sensor – node koordinator

- Maksimal jarak transmisi data dengan kondisi cuaca hujan, yaitu 160 meter dengan rata-rata *delay* 0,220 detik, *throughput* 7,296 byte/s dan *packet loss* 0,19 %.

- Maksimal jarak transmisi data dengan kondisi cuaca tidak hujan, yaitu 160 meter dengan rata-rata *delay* 0,196 detik, *throughput* 7,122 byte/s dan *packet loss* 0,23 %.

Sedangkan saat transmisi data dari node koordinator-node *gateway*

- Maksimal jarak transmisi data dengan kondisi cuaca hujan, yaitu 120 meter dengan rata-rata *delay* 1,982 detik, *throughput* 1,960 byte/s dan *packet loss* 0,204 %.
- Maksimal jarak transmisi data dengan kondisi cuaca tidak hujan, yaitu 120 meter dengan rata-rata *delay* 1,798 detik, *throughput* 1,689 byte/s dan *packet loss* 0,2203 %

Pada pengujian di Lahan kosong dengan kondisi *line of sight (LOS)*

Saat transmisi data dari node sensor- node koordinator

- Maksimal jarak transmisi data dari dengan kondisi cuaca hujan yaitu 120 meter dengan rata-rata *delay* 0,188 detik, *throughput* 9,292 byte/s dan *packet loss* 0,441 %.
- Maksimal jarak transmisi data dengan kondisi cuaca tidak hujan, yaitu 160 meter dengan rata-rata *delay* 0,161 detik, *throughput* 10,168 byte/s dan *packet loss* 0,28 %.

Sedangkan saat transmisi data dari node koordinator-node *gateway*

- Maksimal jarak transmisi data dengan kondisi cuaca, yaitu 120 meter dengan rata-rata *delay* 1,716 detik, *throughput* 0,697 byte/s dan *packet loss* 0,18 %.
- Maksimal jarak transmisi data dengan kondisi cuaca tidak hujan, yaitu 140 meter dengan rata-rata *delay* 1,893 detik, *throughput* 0,533 byte/s dan *packet loss* 0,26 %.

Dari hasil pengujian dan analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa pada pengujian di kawasan Perumahan, *Qos* yang dihasilkan memiliki rata-rata *delay*, *throughput* dan *packet loss* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan hasil pengujian di lokasi *line of sight (LOS)*.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, penempatan perangkat node sensor, node koordinator dan node *gateway* ditempatkan pada objek yang tinggi. Ketinggian perangkat berpengaruh pada hasil yang didapatkan.
2. Penelitian lebih lanjut perlu diteliti mengenai pengaruh kondisi lingkungan yang mengganggu proses transmisi data seperti pengaruh frekuensi lain atau sinyal lain, faktor bangunan, pohon atau material lain yang dapat mengganggu proses transmisi data.
3. Diperlukan pemilihan atau perancangan sensor yang tepat untuk mendapatkan nilai dari parameter banjir yang digunakan untuk menentukan indeks dari bahaya banjir di wilayah penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] W. Stallings, *Data and computer communications*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc, 1997.
- [2] International Electrotechnical Commission *et al.*, "Internet of Things: Wireless Sensor Networks," *Int. Electron. Commision*, no. Desember, pp. 1-78, 2014.
- [3] Nordic Semiconductor, "nRF24L01 Product Specification v1.0." [Online]. Available : <https://www.nordicsemi.com/DocLib/nrf24l01.pdf>.
- [4] Arduino.cc, "Datasheet Arduino UNO" [Online]. Available: <https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-3879526.pdf>.
- [5] Sim Com, "SIM800 Design V1.09." [Online]. Available : https://simcom.ee/sim800_hardware_design_v1.09.pdf.
- [7] M. Iqbal, "Rancang Bangun Wireless Sensor Network berbasis Protokol Zigbee dan GSM untuk sistem pemantauan polusi Udara," *Inst. Pertanian Bogor*, pp. 1-39, 2015.